

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 07 856.8

**Anmeldetag:** 25. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Brennstoffzellenanlage

**IPC:** H 01 M 8/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

Anmelderin: Robert Bosch GmbH  
Postfach 30 02 20  
D-70442 Stuttgart

## "Brennstoffzellenanlage"

Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenanlage, wobei eine Brennstoffzelleneinheit wenigstens zwei seriell und/oder parallel gekoppelte Brennstoffzellenelemente zur Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie umfasst, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### Stand der Technik

Besonders im Zusammenhang mit künftigen Fahrzeugkonzepten gewinnt die Brennstoffzellentechnologie immer mehr an Bedeutung. Brennstoffzellen bieten die Möglichkeit, chemisch gebundene Energie direkt in elektrische Energie umzuwandeln, die anschließend beispielsweise mit Hilfe eines Elektromotors in mechanische Antriebsenergie überführt werden kann. Daneben kann die elektrische Energie der Brennstoffzelle gegebenenfalls zur Versorgung unterschiedlichster Verbraucher sowohl für mobile als auch für stationäre Anwendungen verwendet werden.

In vielen Fällen ist man dazu übergegangen, Wasserstoff angereicherten Brennstoff für die Brennstoffzelleneinheit aus Kohlenwasserstoffen wie Erdgas, Benzin, Diesel oder dergleichen zu gewinnen. Hierzu wird eine entsprechende Umformeinheit zur Umformung von kohlenwasserstoffhaltigen Stoffgemischen zu einem Wasserstoff angereicherten Fluid

verwendet. Hierfür können verschiedene Verfahren eingesetzt werden, so zum Beispiel die autotherme Reformierung, Dampfreformierung, partielle Oxidation oder dergleichen.

Im Allgemeinen handelt es sich bei einer Brennstoffzelleneinheit um eine elektrische und/oder elektrochemische Verschaltung bzw. Koppelung mehrerer Einzelzellen. Neben der elektrischen Verschaltung umfasst eine Brennstoffzelleneinheit auch eine Struktur, die der Versorgung der Elektroden mit Edukten und dem Abtransport von Produkten dient. Zu einer Brennstoffzellenanlage zählen neben der Brennstoffzelleneinheit auch entsprechende Peripheriekomponenten, die beispielsweise zur Gasver- bzw. Gasentsorgung, zum Wärmemanagement und zur Regelungstechnik bzw. Steuerung benötigt werden.

In der Praxis sind derzeit unterschiedlichste Bezeichnungen sowohl für die Brennstoffzelleneinheit als auch für die einzelnen Brennstoffzellen gebräuchlich. Im Nachfolgenden soll unter dem Begriff Brennstoffzelleneinheit insbesondere auch die Begriffe (Gesamt-) Brennstoffzellenstack oder Brennstoffzellenstapel und unter dem Begriff Brennstoffzellenelement insbesondere die einzelne (Teil-) Brennstoffzelle oder Teilstack verstanden werden. Wesentlich hierbei ist, dass unter der Brennstoffzelleneinheit eine serielle und/oder parallele Schaltung bzw. Kopplung einzelner Brennstoffzellenelemente im Sinn der Erfindung zu verstehen ist.

Bei Fahrzeuganwendungen unterliegen die Brennstoffzellenanlagen einer großen Lastspreizung vom Leerlauf bis zur Maximallast sowie zahlreichen Lastwechseln. Im Allgemeinen werden die Brennstoffzellenanlagen, insbesondere die Brennstoffzelleneinheit einschließlich der Peripheriekomponenten auf die maximal benötigte Leistung ausgelegt. Brennstoffzelleneinheiten weisen bei relativ

kleinen Lasten einen höheren Wirkungsgrad als bei maximaler Belastung auf. Dagegen weist die gesamte Brennstoffzellenanlage aufgrund der Peripherie im untersten Leistungsbereich einen geringeren Wirkungsgrad auf als im kleinen und mittleren Leistungsbereich.

Beispielsweise werden im Stillstand des Antriebsmotors zur Versorgung der Bordnetzkomponenten mit Strom bzw. zur Fahrzeugklimatisierung lediglich relativ geringe Leistungen, z.B. im Bereich von 0 bis 5 kW, von der Brennstoffzellenanlage zur Verfügung gestellt. Dagegen werden zur Bereitstellung der Antriebsenergie des Elektromotors Leistungen im Bereich von bis zu 70 kW und mehr benötigt.

Bei Antriebssystemen wird die Brennstoffzellenanlage im Allgemeinen bei erhöhten Drücken von etwa bis zu 3 bar betrieben, um die spezifische Leistung des Systems zu erhöhen und die Komponentendimensionierung gering zu halten. Gerade diese Druck erzeugenden Komponenten weisen häufig für die in der Teillast erforderlichen Massenströme einen sehr geringen Wirkungsgrad auf, was den Gesamtsystemwirkungsgrad vor allem in der für die Versorgung der Bordnetzsysteme relevanten Leistungsklasse stark reduziert.

Darüber hinaus reduziert sich der Gesamtsystemwirkungsgrad im Teillastbetrieb aufgrund des Kühlkreislaufes des Systems zusätzlich.

Weiterhin sind die relativ geringen Strömungsgeschwindigkeiten im Teillastbetrieb von Nachteil, da hierdurch vor allem die Verzögerungszeit bei Lastwechseln hochgesetzt und auf Grund dessen das dynamische Verhalten des Gesamtsystems bzw. der Brennstoffzellenanlage entscheidend verschlechtert wird.

### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Brennstoffzellenanlage, wobei eine Brennstoffzelleneinheit wenigstens zwei seriell und/oder parallel gekoppelte Brennstoffzellenelemente zur Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie umfasst und eine elektronische Steuereinheit zur Steuerung der Brennstoffzellenanlage vorgesehen ist, vorzuschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik vor allem im Teillastbetrieb einen höheren Gesamtwirkungsgrad und ein gutes dynamisches Verhalten aufweist.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von einer Brennstoffzellenanlage der einleitend genannten Art, durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Brennstoffzellenanlage dadurch aus, dass die Steuereinheit zur Steuerung einzelner Brennstoffzellenelemente ausgebildet ist. Mit Hilfe der vorteilhaft ausgebildeten Steuereinheit gemäß der Erfindung kann eine Anpassung an unterschiedlichste Teillastbetriebsweisen der gesamten Brennstoffzellenanlage mit im Vergleich zum Stand der Technik erhöhtem Gesamtwirkungsgrad realisiert werden. Entsprechend kann die Brennstoffzellenanlage insbesondere im Leerlauf, Stand-By-Betrieb, Notbetrieb, unteren Leistungsbereich, u.s.w. gemäß der Erfindung vorteilhaft betrieben werden.

Vorzugsweise ist wenigstens ein Stellglied zum Steuern von Stoffströmen einzelner Brennstoffzellenelemente vorgesehen. In vorteilhafter Weise ist das Stellglied zwischen zwei

Brennstoffzellenelementen angeordnet. Möglicherweise ist jeweils ein Stellglied zum Steuern eines einzelnen Stoffstroms wie des Reduktionsmittels oder des Oxidationsmittels pro Brennstoffzellenelement vorgesehen. Im Allgemeinen sind mindestens zwei Stellglieder für das Reduktionsmittels sowie das Oxidationsmittel und gegebenenfalls wenigstens ein drittes Stellglied für das Kühlmittel für jeweils ein einzelnes Brennstoffzellenelement vorgesehen. Hierdurch sind sowohl das Anodengas als auch das Kathodengas und das Kühlmittel weitestgehend unabhängig voneinander steuerbar.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist das Stellglied als Steuerventil, Drosselventil oder dergleichen ausgebildet. Hierdurch wird ermöglicht, dass bereits vorhandene, handelsübliche Standardkomponenten gemäß der Erfindung einsetzbar sind, was insbesondere eine wirtschaftlich besonders günstige Ausführungsform der Erfindung gewährleistet.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung sind wenigstens zwei Brennstoffzellenelemente mit signifikant unterschiedlichen, maximalen elektrischen Leistungen vorgesehen. Die entsprechend unterschiedlichen Brennstoffzellenelemente können in bevorzugter Weise bei unterschiedlichsten Teillastbedingungen einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine relativ fein abgestufte Steuerung bzw. Betriebsweise der Brennstoffzelleneinheit. Gegebenenfalls ist der Unterschied der einzelnen Brennstoffzellenelemente mindestens 5 %, 10 %, 20 % oder mehr bezogen auf die maximale Leistung. Möglicherweise weisen die Brennstoffzellenelemente aufgrund von Herstellungstoleranzen und/oder entsprechender Auswahl bereits signifikant unterschiedliche maximale elektrische Leistungen auf. Hierdurch können Brennstoffzellenelemente mit vorteilhaft

großer Toleranz hergestellt werden, wodurch diese besonders wirtschaftlich herstellbar sind.

Vorzugsweise werden die "schlechteren" Brennstoffzellenelemente bzw. Brennstoffzellenelemente mit geringerer Leistung im Vergleich zu den "guten" Brennstoffzellenelementen mit höherer Leistung seltener betrieben, so dass sich die Lebensdauer der gesamten Brennstoffzelleneinheit in vorteilhafter Weise verlängert. Das heißt, die "guten" Brennstoffzellenelemente werden sowohl in der Teillast- als auch in Volllast betrieben, wobei die "schlechten" Brennstoffzellenelemente vor allem im Volllastbereich zusätzlich betrieben werden. Dies ist insbesondere deshalb von Vorteil, da über die gesamte Lebensdauer betrachtet "schlechtere" Brennstoffzellenelemente im Allgemeinen mit weniger Betriebsstunden betrieben werden können als "gute".

Vorteilhafterweise sind wenigstens zwei Brennstoffzellenelemente mit unterschiedlichen katalytischen Belegungen vorgesehen. Beispielsweise können die unterschiedlichen katalytischen Belegungen aus unterschiedlichen Materialien bzw. Materialzusammensetzungen oder Legierungen bestehen. Hierdurch können durch vorteilhafte Wahl der Materialien bzw. Materialzusammensetzungen einzelne Brennstoffzellen auf unterschiedlichste Anforderungen bzw. Eigenschaften oder Betriebszustände ausgelegt werden. Gemäß der Erfindung können die einzelnen, unterschiedlichen Brennstoffzellenelemente mit Hilfe der vorteilhaften Steuereinheit einzeln angesteuert werden.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung weisen die unterschiedlichen Brennstoffzellenelemente wenigstens unterschiedliche Mengen der katalytischen Belegungen auf. Beispielsweise sind unterschiedliche Beladungen der

katalytischen Belegung vorgesehen. Mit Hilfe der unterschiedlichen Mengen der katalytischen Belegungen kann eine Anpassung an unterschiedlichste Belastungen bzw. Betriebszustände und/oder eine vorteilhafte Beeinflussung der Lebensdauer der einzelnen Brennstoffzellenelemente realisiert werden. Dementsprechend weisen Brennstoffzellenelemente, die vergleichsweise häufig betrieben werden, eine relativ große Menge bzw. Beladung der katalytisch aktiven Belegung auf. Dagegen weisen einzelne Brennstoffzellenelemente, die vergleichsweise selten, d.h. relativ kurz, in Betrieb sein werden, vergleichsweise geringe Mengen bzw. Beladungen der katalytisch aktiven Belegung auf, so dass gerade diese Brennstoffzellenelemente wirtschaftlich besonders günstige herstellbar sind.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens eine Druckerzeugungseinheit zur Erzeugung von wenigstens zwei unterschiedlichen Arbeitsdrücken vorhanden. Beispielsweise wird wenigstens im Teillast-, Leerlauf-, Stand-By-Betrieb oder dergleichen mittels der erfindungsgemäßen Druckerzeugungseinheit ein vergleichsweise geringer Druck der Betriebsstoffströme bzw. einzelner Betriebsstoffströme und in einem Volllastbetrieb wird ein relativ hoher Druck der Betriebsstoffströme mittels der Druckerzeugungseinheit erzeugt. Hierdurch kann in vorteilhafter Weise eine Anpassung der spezifischen Leistung des Systems an die Anforderungen der verschiedensten Betriebszustände erfolgen. Vorzugsweise umfasst die Druckerzeugungseinheit wenigstens eine Hochdruck- und eine Niederdruckerzeugungsvorrichtung, wodurch eine vorteilhafte Anpassung der sogenannten parasitären Lasten des Gesamtsystems realisierbar ist.

Bei zwei separaten, unabhängigen Druckerzeugungseinheiten ist besonders von Vorteil, dass jede einzelne Druckerzeugungskomponente an den vorgegebenen Einsatzbereich



bzw. Lastbereich weitgehend optimal anpassbar ist, wodurch sich entsprechende Leistungsverluste bzw. parasitäre Lasten weiter reduzieren. Beispielsweise ist als Hochdruckerzeugungsvorrichtung ein Kompressor oder dergleichen vorgesehen, der beispielsweise etwa 3 bar Druck erzeugen kann. Als Niederdruckerzeugungsvorrichtung kann beispielsweise ein vergleichsweise einfach ausgebildeter Lüfter oder dergleichen vorgesehen werden. Denkbar hierfür ist auch der Einsatz eines relativ klein dimensionierten Zweitkompressors mit vergleichsweise geringem, zu erzeugendem Druck bei hohem Wirkungsgrad. Vorzugsweise wird mittels der Niederdruckerzeugungsvorrichtung lediglich ein Weiterleiten der Betriebsstoffströme, ohne nennenswerte Druckerhöhung gegenüber dem atmosphärischen Druck verwirklicht.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Strom oder Wärme geführte Betriebsweise der Brennstoffzellenanlage vorgesehen. Vor allem bei einem Betrieb der Brennstoffzelleneinheit zur Erzeugung der Antriebsenergie für einen Elektromotor oder für die Versorgung von Verbrauchern insbesondere eines Fahrzeugs bzw. zum Laden der entsprechenden Batterie ist eine Strom geführte Betriebsweise vorgesehen. Hierbei erfolgt die Steuerung bzw. Regelung als Funktion des Strombedarfs des gesamten Systems.

Dagegen wird bei einer Wärme geführten Betriebsweise mittels der Steuereinheit gemäß der Erfindung eine Regelung bzw. Steuerung als Funktion des Wärmebedarfs des Gesamtsystems vorgesehen. Diese Betriebsweise ist unter anderem zur Beheizung einzelner Komponenten und/oder des Innenraums eines Fahrzeugs von besonderem Vorteil. Hierbei wird insbesondere ein möglichst kleines, d.h. mit vergleichsweise geringer maximaler Leistung ausgebildetes Brennstoffzellenelement angesteuert, wobei die benötigte elektrische Leistung aus diesem kleinen Brennstoffzellenelement zu entnehmen ist. Hierdurch wird der Wirkungsgrad des angesteuerten

Brennstoffzellenelementes in Bezug zur elektrischen Stromerzeugung verschlechtert, was sich in einer vermehrten, anteiligen Wärmeproduktion auswirkt. Überschüssige elektrische Leistung kann entweder in eine Batterie eingespeist oder über einen elektrischen Zuheizer in zusätzliche Wärme umgewandelt werden.

Generell kann eine Brennstoffzellenanlage gemäß der Erfindung als elektrische Energieerzeugungsanlage zum Erzeugen der Antriebsenergie eines Fahrzeugs mit Hilfe eines Elektromotors als auch in Kombination mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere Benzin- oder Dieselmotor, als sogenannte APU verwendet werden. Bei der letztgenannten Variante ist die Brennstoffzellenanlage im Wesentlichen zur Versorgung einzelner Komponenten des Fahrzeugs unter anderem im Stillstand des Verbrennungsmotors und/oder zur Unterstützung der Lichtmaschine vorgesehen.

Beispielsweise kann eine Brennstoffzelleneinheit gemäß der Erfindung als sogenannte PEM-, Festoxid (SOFC), Schmelzkarbonat (MCFC), phosphorsaure (PAFC), alkalische (AFC) oder Direkt Methanol-Brennstoffzelleneinheit (DMFC) ausgebildet werden.


Grundsätzlich kann die Steuereinheit gemäß der Erfindung neben der Steuerung des Kathodenfluids bzw. Anodenfluids vor allem auch zur Steuerung der Kühlung bzw. des Kühlmittelkreislaufes mit einem entsprechenden Kühlmittel ausgebildet werden. Der Kühlmittelkreislauf weist gemäß der Erfindung hierfür entsprechende Stellglieder zum Steuern des Kühlmittels der einzelnen Brennstoffzellenelemente auf.

In vorteilhafter Weise wird insbesondere das von den Stoffströmen bzw. Betriebsstoffströmen der Brennstoffzelleneinheit beaufschlagte Volumen durch eine Ansteuerung der einzelnen Brennstoffzellenelemente gemäß der


Erfindung wirkungsvoll verringert, so dass generell ein verbessertes dynamisches Verhalten des Gesamtsystems verglichen mit dem Stand der Technik vor allem im Teillastbetrieb erreicht wird.

### Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in der Zeichnung dargestellt und anhand der einzigen Figur nachfolgend näher erläutert.

 In Figur 1 ist ein Verfahrensfließbild für eine Betriebsstoffzufuhr einer Brennstoffzellenanlage schematisch dargestellt. Hierbei umfasst eine Brennstoffzelleneinheit 1 mehrere Brennstoffzellenelemente 2. Die Brennstoffzellenelemente 2 bzw. Teilstacks 2 sind ohne nähere Darstellung seriell und/oder parallel elektrisch miteinander verschaltet bzw. verkoppelt.

Bezüglich eines Anodenfluids 3 und eines Kathodenfluids 4 werden die einzelnen Brennstoffzellenelemente 2 parallel angeströmt. Beim Anodenfluid 3 handelt es sich bei derzeitigen Systemen häufig um ein wasserstoffhaltiges Gas 3 und beim Kathodenfluid 4 z.B. um Luft 4.

 Mit Hilfe eines Ventils 5, das beispielsweise als Druckregelventil 5 ausgebildet ist, wird der Zufluss des Anodengases 3 bzw. der Anodenflüssigkeit 3 geregelt bzw. gesteuert. Gegebenenfalls wird das Anodengas 3 mit Hilfe eines nicht näher dargestellten Reformers oder dergleichen On-Board eines Fahrzeugs erzeugt und/oder mittels einem Tank On-Board gespeichert. Häufig wird hierbei das Anodengas 3 bereits mit Druck beaufschlagt, so dass mittels dem Ventil 5 und ohne nähere Darstellung mittels einer Steuerung der Arbeitsdruck des Anodengases 3 in Abhängigkeit des Betriebszustandes einzustellen ist.

Das Kathodengas 4 wird beispielsweise mittels einem Kompressor 6 während eines regulären Fahrbetriebs bzw. Volllastbetriebs der Brennstoffzelleneinheit 1 zugeführt. Im Teillastbetrieb, Stand-By-Betrieb, u.s.w. wird das Kathodengas 4 mittels einem Lüfter 7 der Brennstoffzelleneinheit 1 zugeführt. Zur Steuerung der unterschiedlichen Betriebszustände ist ein Steller 8 vorgesehen, mit dem vom Kompressorbetrieb auf Lüfterbetrieb und umgekehrt umgestellt werden kann.

Der Lüfterbetrieb ist insbesondere beim Stillstand des Fahrzeugs bzw. bei abgeschaltetem Elektroantriebsmotor vorgesehen, was über eine entsprechende Sensorik detektiert wird. Hierbei kann der für den Teillastbetrieb überdimensionierte Kompressor 6 abgestellt werden, was den Leistungsverbrauch zum Transport des Kathodengases 4 deutlich verringert. Im Allgemeinen wird der Lüfter 7 insbesondere auf die bei Leistungsanforderungen von etwa 2 bis 5 kW notwendigen Luftmassenströme 4 ausgelegt, wobei ein signifikanter Druckaufbau nicht zwingend notwendig ist.

Vor allem zur Vereinfachung des elektrischen Energiemanagements und des Thermomanagements in einem Fahrzeug beim Stillstand des Antriebs, Notbetrieb des Systems, etc. kann gemäß der Erfindung lediglich ein Teil 2 der Brennstoffzelleneinheit 1 mit Betriebsstoffen 3, 4 versorgt werden. Dies wird gemäß Figur 1 beispielsweise durch ein Blockieren der einzelnen Stacksegmente 2 bzw. Brennstoffzellenelemente 2 mit Stellern 9, 10 verwirklicht. Ohne nähere Darstellung wird ein bei Brennstoffzelleneinheiten 1 üblicher Kühlmittelkreislauf gemäß der Erfindung derart ausgebildet, dass einzelne Brennstoffzellenelemente 2 entsprechend angesteuert bzw. gekühlt werden können. Hierfür sind ohne nähere Darstellung entsprechende Steller vorzusehen.

Generell wird durch die einzelne Ansteuerung der Brennstoffzellenelemente 2 eine Reduktion der Ausgangsspannung von ca. 400 V auf beispielsweise 42 V bzw. 14 V und unter anderem das Umpumpen von kleineren Mengen an Kühlflüssigkeit realisiert. Dementsprechend wird in vorteilhafter Weise eine Reduzierung der parasitären Lasten sowie eine Erhöhung des dynamischen Verhaltens des gesamten Systems erreicht.

Grundsätzlich kann eine Kombination aus Druckabsenkung und Abschaltung bzw. Sperren von Stackteilsegmenten 2 der Brennstoffzelleneinheit 1 zur Gewährleistung eines möglichst effizienten Wirkungsgrads des Gesamtsystems sowohl für Brennstoffzellenantriebssysteme als auch für sogenannte APU-Systeme eingesetzt werden.

Beispielsweise wird die Niederdruckbetriebsweise bzw. die Abkopplung eines Teils 2 der Brennstoffzelleneinheit 1 in vorteilhafter Weise zum Starten der Brennstoffzelleneinheit 1 verwendet. Hierbei kann mittels einer entsprechenden, nicht näher dargestellten Heizeinheit das einzelne Brennstoffzellenteilstack 2 vergleichsweise schnell und mit relativ wenig Energie auf Betriebstemperatur erwärmt werden. Das zuerst in Betrieb genommene Brennstoffzellenteilstack 2 erzeugt im Betrieb Abwärme, die in besonders eleganter Weise zur Erwärmung der anderen Brennstoffzellenelemente 2 zu verwenden ist. Hierdurch wird die zusätzlich notwendige Heizenergie gegenüber dem Stand der Technik deutlich reduziert.

In Figur 1 ist weiterhin ein Steuergerät 11 dargestellt, das lediglich aus Gründen der Übersichtlichkeit mit den Stellern 8, 9 und 10 mittels einer Punktlinie verbunden ist. Die Punktlinie symbolisiert die Ansteuerung bzw. Regelung der Steller 8, 9, 10. Darüber hinaus ist das Steuergerät in

vorteilhafter Weise zur Steuerung bzw. Regelung weiterer oder aller Komponenten einer Brennstoffzellenanlage bzw. eines Fahrzeugs verwendbar.

Ansprüche:

1. Brennstoffzellenanlage, wobei eine Brennstoffzelleneinheit (1) wenigstens zwei seriell und/oder parallel gekoppelte Brennstoffzellenelemente (2) zur Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie umfasst und eine elektronische Steuereinheit (11) zur Steuerung der Brennstoffzellenanlage vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (11) zur Steuerung einzelner Brennstoffzellenelemente (2) ausgebildet ist.
2. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Stellglied (8, 9, 10) zum Steuern von Stoffströmen (3, 4) einzelner Brennstoffzellenelemente (2) vorgesehen ist.
3. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellglied (8, 9, 10) zwischen zwei Brennstoffzellenelementen (2) angeordnet ist.
4. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellglied (8, 9, 10) als Steuerventil (8, 9, 10) ausgebildet ist.
5. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Brennstoffzellenelemente (2) mit unterschiedlichen, maximalen elektrischen Leistungen vorgesehen sind.
6. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Brennstoffzellenelemente (2) mit unterschiedlichen, katalytischen Belegungen vorgesehen sind.

7. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die unterschiedlichen Brennstoffzellenelemente (2) wenigstens unterschiedliche Mengen der katalytischen Belegungen aufweisen.

8. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Druckerzeugungseinheit (6, 7) zur Erzeugung von wenigstens zwei unterschiedlichen Arbeitsdrücken vorhanden ist.

9. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungseinheit (6, 7) wenigstens eine Hochdruck- (6) und eine Niederdruckerzeugungsvorrichtung (7) umfasst.

10. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Strom geführte Betriebsweise der Brennstoffzellenanlage vorgesehen ist.

11. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wärme geführte Betriebsweise der Brennstoffzellenanlage vorgesehen ist.

12. Fahrzeug mit einer Brennstoffzellenanlage, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche ausgebildet ist.

13. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenanlage, wobei eine Brennstoffzelleneinheit (1) wenigstens zwei seriell und/oder parallel gekoppelte Brennstoffzellenelemente (2) zur Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie umfasst und eine elektronische Steuereinheit (11) zur Steuerung der Brennstoffzellenanlage verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche verwendet wird.



## Zusammenfassung

Es wird eine Brennstoffzellenanlage, wobei eine Brennstoffzelleneinheit (1) wenigstens zwei seriell und/oder parallel gekoppelte Brennstoffzellenelemente (2) zur Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie umfasst und eine elektronische Steuereinheit (11) zur Steuerung der Brennstoffzellenanlage vorgesehen ist, vorzuschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik vor allem im Teillastbetrieb einen höheren Wirkungsgrad der chemischen Umformung und ein gutes dynamisches Verhalten aufweist. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Steuereinheit (11) zur Steuerung einzelner Brennstoffzellenelemente (2) ausgebildet ist.

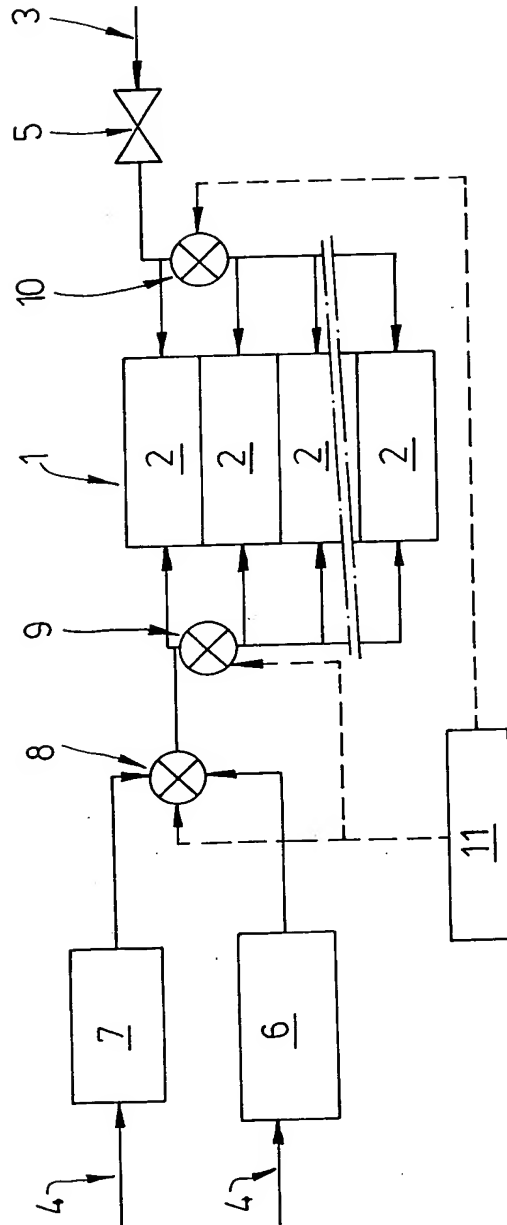


Fig. 1